

PDF hosted at the Radboud Repository of the Radboud University Nijmegen

The following full text is a publisher's version.

For additional information about this publication click this link.

<http://hdl.handle.net/2066/25548>

Please be advised that this information was generated on 2018-04-25 and may be subject to change.

De Wingate test

Het anaerobe vermogen bij armergometrie van roeiers, krachtporters en ongetrainden

Inleiding

Het prestatievermogen van elke recreatieve of topsporter is mede afhankelijk van een aantal bekende basiseigenschappen, zoals kracht, snelheid, uithoudingsvermogen, lenigheid en coördinatie. Het uithoudingsvermogen kan worden onderscheiden in het aerobe en anaerobe uithoudingsvermogen. In de praktijk wordt meestal het aerobe vermogen bij fietsergometrie bepaald.

Het aerobe vermogen is een belangrijke factor voor het leveren van prestaties met een duur van enkele minuten tot uren. De maximale zuurstofopname (VO_{2max}) en de anaerobe drempel zijn een maat voor dit aerobe vermogen.

Het anaerobe vermogen daarentegen is van belang bij zeer kortdurende inspanningen met een duur van enkele seconden tot minuten. In de afgelopen decennia is een aantal tests (Wingate test, Sargeant jump (Sargeant, 1962), Margaria staircase test (Margaria, 1962)) ontwikkeld om dit vermogen te kunnen bepalen. De Wingate test bepaalt het anaerobe vermogen tot 30 seconden en wordt het meest toegepast (Bar-Or, 1987). Ook deze test wordt meestal op een fietsergometer (Monark) uitgevoerd.

In 1974 werd het eerste prototype van de Wingate test geïntroduceerd door het Wingate Institute for Physical Education and Sport in Israël. Na vele modificaties bestaat de huidige vorm van de Wingate test uit een 30 seconden durende maximale inspanning op een fiets- of armergometer.

In de inspanningsfysiologie is de anaerobe armarbeid een betrekkelijk onderbelicht onderwerp. In de literatuur zijn dan ook weinig gegevens beschikbaar over de fysiologische effecten van de Wingate test bij armergometrie. Tegenwoordig wordt armergometrie steeds meer toegepast bij revalidatie en onderzoek (Hopman, 1993; Sawka, 1986; Van der Woude, 1994). Ook in het aangepast sporten wordt gebruik gemaakt van de armergometer als trainingsmethode en als trainingsevaluatie. De toepassing vindt met name plaats bij de groep sporters met een dwarslaesie of een amputatie. Hierdoor zal nader onderzoek van de fysiologische effecten van de armergometrie van veel groter belang gaan worden. Ook op het gebied van de anaerobe arbeid wordt er in toenemende mate onderzoek (Jansen, 1994) verricht. Bij beenarbeid is de Wingate test een test waarover het nodige bekend is. Voor armarbeid is deze test wellicht ook goed bruikbaar. Om deze redenen hebben wij een oriënterend onderzoek uitgevoerd om meer inzicht te krijgen in de fysiologische effecten (hartfrequentie, lactaat en vermogen) van de uitvoering van de Wingate test met armergometrie. Als proefpersonen hebben wij gekozen voor een groep duursporters, krachtporters en ongetrainden.

Samenvatting

Doel van dit onderzoek was het bepalen van de fysiologische effecten (vermogen, lactaatproductie en hartfrequentie) van de uitvoering van de Wingate test bij armergometrie. De Wingate test is een 30 seconden durende anaerobe test waarbij een maximale omwentelingsnelheid moet worden aangehouden tegen een lichaamsgewicht-gerelateerde remkracht. De onderzoeksgroep bestond uit mannelijke roeiers, krachtporters en ongetrainden tussen de 18 en 30 jaar ($n=22$). De bepaalde variabelen waren het piekvermogen, het gemiddelde vermogen, de vermogensdoling, het base excess en de hartfrequentie.

Het gemiddelde piekvermogen bedroeg bij de roeiers, de krachtporters en de ongetrainden respectievelijk 596 W (7.7 W/kg lichaamsgewicht), 584 W (7.0 W/kg lichaamsgewicht) en 515 W (6.7 W/kg lichaamsgewicht). Het gemiddelde piekvermogen per cm^2 gemiddelde spieroppervlak van de dwarsdoorsnede van beide bovenarmen bedroeg respectievelijk 9.7 W/ cm^2 , 6.7 W/ cm^2 en 9.0 W/ cm^2 . Tijdens de

Wingate test werden maximale hartfrequenties van 190 slagen per minuut waargenomen en gemiddelde waarden van de base excess van -15 mmol/l tussen de 3.5 en 7 minuten na de test. De verschillen in het piekvermogen (W en W/kg lichaamsgewicht) tussen de drie groepen waren niet statistisch significant. Het gemiddelde vermogen van de ongetrainden was significant lager ($p=0.0445$) dan van de overige twee groepen. De krachtporters bereikten een significant lager piekvermogen ($p=0.01$) en gemiddeld vermogen ($p=0.005$) per cm^2 spieroppervlak.

Summary

The Wingate test: anaerobic power during arm exercise of rowers, weight lifters and nonathletes. The purpose of this study was to measure the physiological effects of the Wingate test during arm exercise. The Wingate test is a 30 seconds anaerobic test with a maximal pedaling frequency against a resistance relative to body weight. Subjects were 18 to 30 year old male rowers, weight

lifters and nonathletes ($n=22$). The calculated variables were peak power, mean power, power decrease, base excess and heart rate. The mean peak power produced by the rowers, weight lifters and nonathletes were 596 W (7.7 W/kg body weight), 584 W (7.0 W/kg body weight) and 515 W (6.7 W/kg body weight) respectively. The mean peak power relative to the mean muscle area of the cross-section of both upper arms were 9.7 W/ cm^2 , 6.7 W/ cm^2 and 9.0 W/ cm^2 respectively. During the Wingate test maximum heart rates of 190 beats/min and between 3.5 and 7 minutes after the test a mean base excess of -15 mmol/l were measured. The differences in peak power and peak power relative to body weight were not statistically significant. Relative to the muscle area the weight lifters produced a significantly lower peak power ($p=0.001$) and mean power ($p=0.005$) output.

Trefwoorden

Wingate test, anaeroob vermogen, armergometrie

Materiaal en methoden

Proefpersonen

Aan de Wingate test namen 22 mannelijke proefpersonen deel: zeven roeiers, zeven krachtporters en acht ongetrainden (zie tabel 1). De roeiers trainden gemiddeld tien uur per week en namen deel aan wedstrijden op landelijk niveau. De krachtporters trainden gemiddeld zes uur per week en namen niet deel aan wedstrijden. De groep ongetrainden mocht niet meer dan twee uur per week aan een bepaalde tak van sport besteden.

Om aan het onderzoek te mogen deelnemen waren een normaal rust ECG, een goede algehele gezondheid, normale bevindingen bij lichamelijk onderzoek en een informed consent vereist.

Procedure

Het onderzoek bestond achtereenvolgens uit de volgende perioden: rustperiode (1 uur), warming up (6 min.), Wingate test (30 sec.) en cooling down (5 min).

I.E. de Punder is sportarts in opleiding. R.A. Binkhorst was hoogleraar inspan-

ningsfysiologie aan de KU Nijmegen. Correspondentie-adres: Ritzema

Bosweg 34A, 6703 BA Wageningen.

1 Rustperiode

Tijdens de één uur durende rustperiode voorafgaande aan de Wingate test werden het base excess en het hemoglobinegehalte bepaald. Het bloedmonster werd verkregen uit een hyperaemisch gemaakte oorlel.

In deze periode werden verder de volgende antropometrische waarden bepaald: lichaamslengte, lichaamsgewicht, vetpercentage (tabellen naar Durnin en Womersley, 1974) uit de som van de dikte van vier huidplooiën over biceps, triceps, subscapulaire en suprailiaale en het gemiddelde spieroppervlak van de dwarsdoorsnede van het midden van beide bovenarmen. Het spieroppervlak werd met behulp van de omtrek en de huidplooidikten van de bovenarm berekend volgens de methode beschreven door de Koning et al. (1986).

2 Warming up

De warming up bestond uit continu zwingelen met een belasting van 30 W. Aan het einde van deze periode kreeg de proefpersoon de opdracht om met een maximale frequentie te gaan zwingelen, waarna de voor hem berekende remkracht voor de Wingate test werd oplegd. De proefpersoon werd geïnstrueerd continu te blijven zitten op de kruk tijdens de hele test. De cranckas werd ingesteld op schouderhoogte en op een afstand waarbij de armen niet geheel gestrekt waren.

3 Wingate test

De Wingate test bestaat uit een 30 seconden durende uitputtende inspanning op een armergometer. Aan de proefpersoon werd gevraagd een zo groot mogelijk aantal omwentelingen aan te houden tijdens de test. Het aantal omwentelingen werd berekend met intervallen van 5 seconden, zoals dit ook wordt toegepast bij de uitvoering van deze test voor beenarbeid. De proefpersonen moesten hierbij zwingelen tegen een remkracht van 0,6 N/kg lichaamsgewicht (Dotan en Bar-Or, 1983) voor mannen.

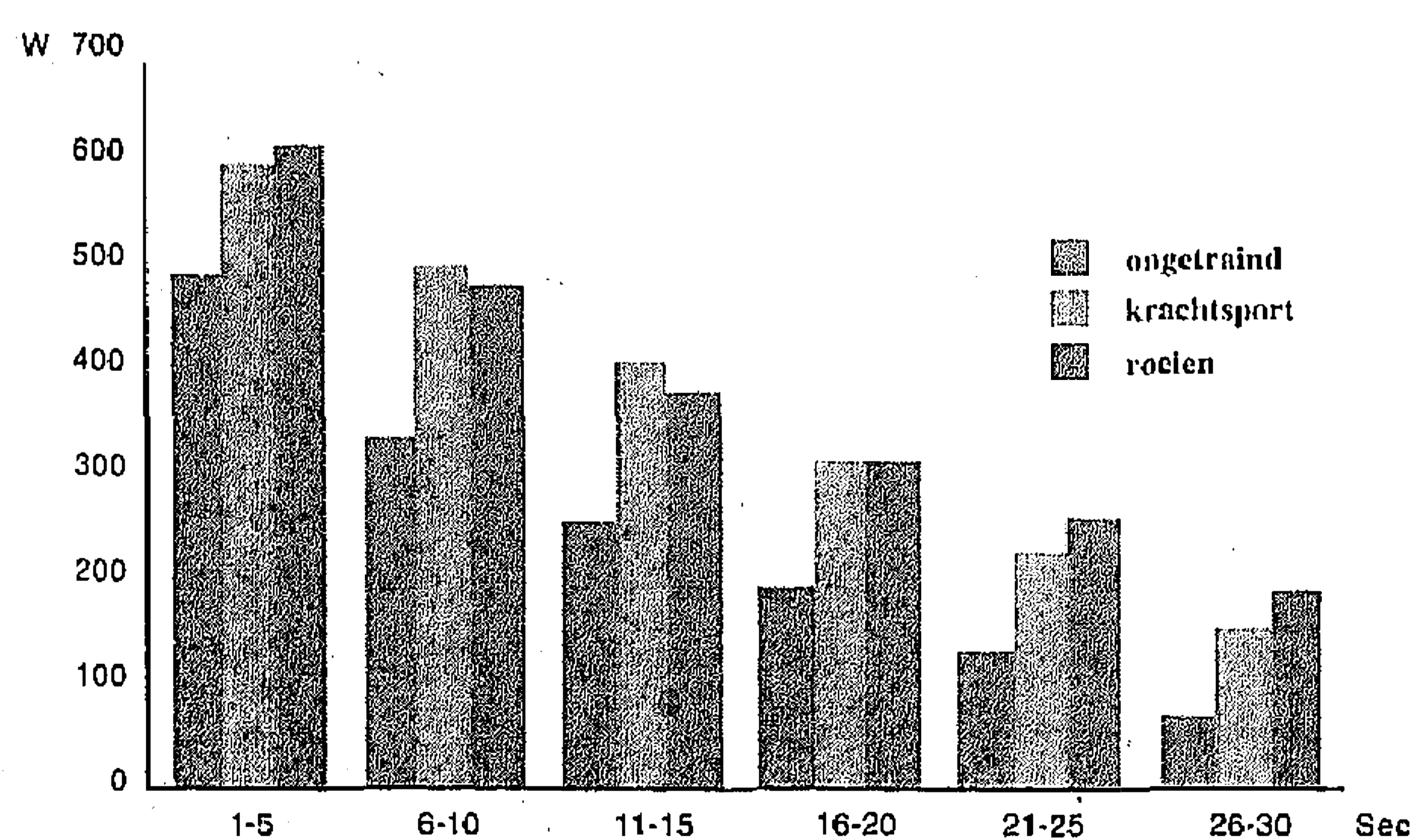
Het vermogen (P) in Watt (W) werd berekend uit het product van de remkracht (F) in Newton (N), het aantal omwentelingen per seconde (rpm/60) en de afgelegde afstand per omwenteling in meters (m). In formule: $P = F \times \text{rpm}/60 \times m$.

De prestatie variabelen bij de Wingate test zijn het piekvermogen, het gemiddeld vermogen en de vermogensdaling in 30 seconden.

Het piekvermogen werd berekend over het 5 seconden interval met het hoogst aantal omwentelingen. Het gemiddeld vermogen werd berekend over de totale duur van de test. De vermogensdaling werd berekend aan de hand van de volgende formule:

vermogensdaling (%) = $((\text{piekvermogen} - \text{eindvermogen}) / \text{piekvermogen}) \times 100$. Zie verder grafiek 1.

Grafiek 1 De Wingate test. Het verloop van het gemiddelde vermogen per 5 seconden interval per onderzochte groep. Het eerste punt geeft het piekvermogen weer en het laatste punt het eindvermogen. De vermogensdaling wordt uit deze 2 punten berekend (zie tekst).



4 Cooling down

Gedurende een periode van 5 minuten werd gezwengeld met een belasting van 30 W.

Fysiologische variabelen*

De gemeten fysiologische variabelen bestonden uit de hartfrequentie en het base excess.

De hartfrequentie werd intermitterend geregistreerd tijdens de rust, de warming up en de cooling down. Continue registratie vond plaats direct vóór, tijdens en direct na de Wingate test. De bloedmonsters werden afgenomen in de 5e minuut van de warming up en 2, 3^{1/2}, 5, 7, 10, 20 en 30 minuten na het beëindigen van de Wingate test.

Uit de bloedmonsters werden geen lactaatmetingen gedaan. Het bepaalde base excess (-mM/L) is een directe maat voor de hoeveelheid lactaat bij gezonden bij inspanning. Een base excess van -1 mM/L komt overeen met 1 mmol/l lactaat.

Apparatuur

- Armergometer: er werd gebruik gemaakt van een mechanisch geremde armergometer (Monark fietsergometer, omgebouwd door technici van de afdeling fysiologie KU Nijmegen). Op het kettingblad en het frame waren respectievelijk een magneetje en een spoeltje bevestigd, zodat de omwentelingen als inductiepulsjes met een schrijver konden worden geregistreerd.
- ECG: voor de registratie van het 12-kanaals electrocardiogram werd de Hewlett Packard 4765 A (HP Company, USA) gebruikt.
- Bloedgasanalyse: het base excess werd gemeten met behulp van de 1312 Bloodgas manager (Instrumentation Laboratory, Milaan, Italië).
- Huidplooidiktemeter: de huidplooidikten werden gemeten met de Holtain skinfold caliper (Holtain LTD, Grymmych, UK).

Statistiek

Voor het berekenen van de verschillen in de gemeten variabelen werd de toets van Kruskal en Wallis voor niet-parametrische enkelvoudige variantie-analyse toegepast. Een p-waarde < 0.05 werd als statistisch significant beschouwd.

Tabel 1 De karakteristieken van de proefpersonen. Per groep worden de gemiddelde waarden en de range aangegeven.

	Roeiers n=7	Krachtsport n=7	Ongetrainden n=8	P-waarde
Leeftijd (jr)	22,5 (19-27)	23,5 (22-27)	24,0 (20-30)	0,7561
Lengte (cm)	182,5 (178-192)	179,0 (168-186)	188,0 (174-201)	0,1864
Lichaamsmassa (kg)	76,0 (70-93)	83,5 (68-99)	78,5 (60-92)	0,2828
Lichaamsvet (%)	13,0 (8-17)	14,5 (11-21)	15,5 (9-22)	0,7220
Spieroppervlak (cm ²)*	52,0 (43-62)	78,0 (55-99)	47,5 (32-58)	0,0026

* Hiermee wordt het gemiddelde spieroppervlak van de dwarsdoorsnede van het midden van beide bovenarmen bedoeld

Resultaten

In tabel 1 worden de karakteristieken van de proefpersonen weergegeven. Zeer opvallend is het grotere gemiddelde spieroppervlak van de dwarsdoorsnede van de bovenarmen van de krachtssporters ten opzichte van de roeiers en ongetrainden. Dit verschil is significant ($p=0.003$). Tussen de overige vermelde karakteristieken bestaan geen significante verschillen.

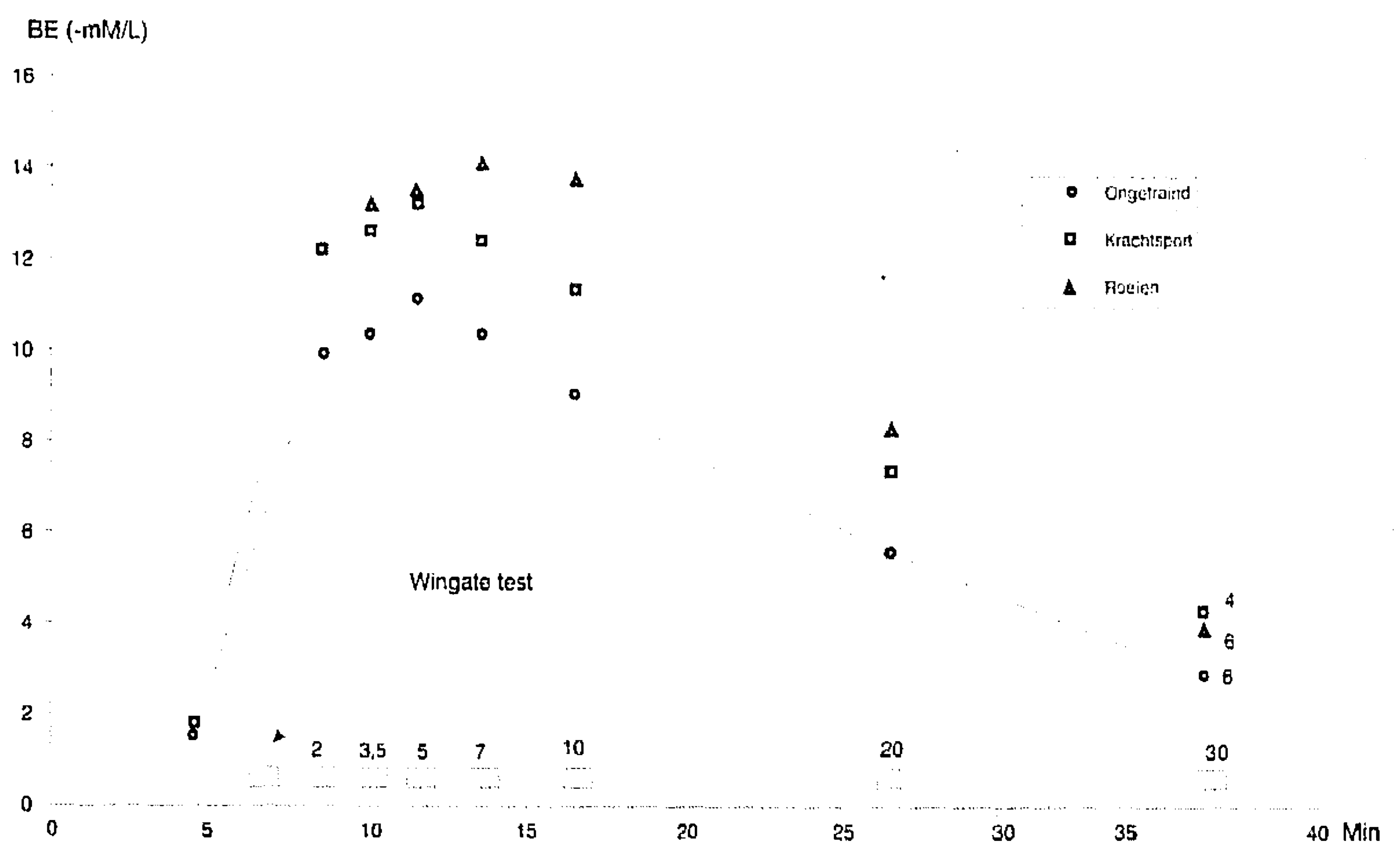
Tabel 2 laat het piekvermogen, het gemiddelde vermogen en de vermogensdaling per onderzoeksgroep zien. Voor wat betreft het piek- en het gemiddelde vermogen van de Wingate test scoren de ongetrainden duidelijk lager dan de roeiers en de krachtssporters (zie tevens grafiek 1). Alleen voor het gemiddelde vermogen is deze score significant lager ($p=0.0445$).

Verder toont tabel 2 het piek- en het gemiddelde vermogen respectievelijk per kilogram lichaamsgewicht en per cm^2 spieroppervlak bovenarm. Het valt op dat de groep krachtssporters een significant lager piekvermogen ($p=0.01$) en een lager gemiddeld vermogen ($p=0.005$) heeft per cm^2 spieroppervlak dan de roeiers en de ongetrainden. De roeiers hebben, ten opzichte van de ongetrainden, een significant hoger ($p=0.02$) gemiddeld vermogen per kilogram lichaamsgewicht.

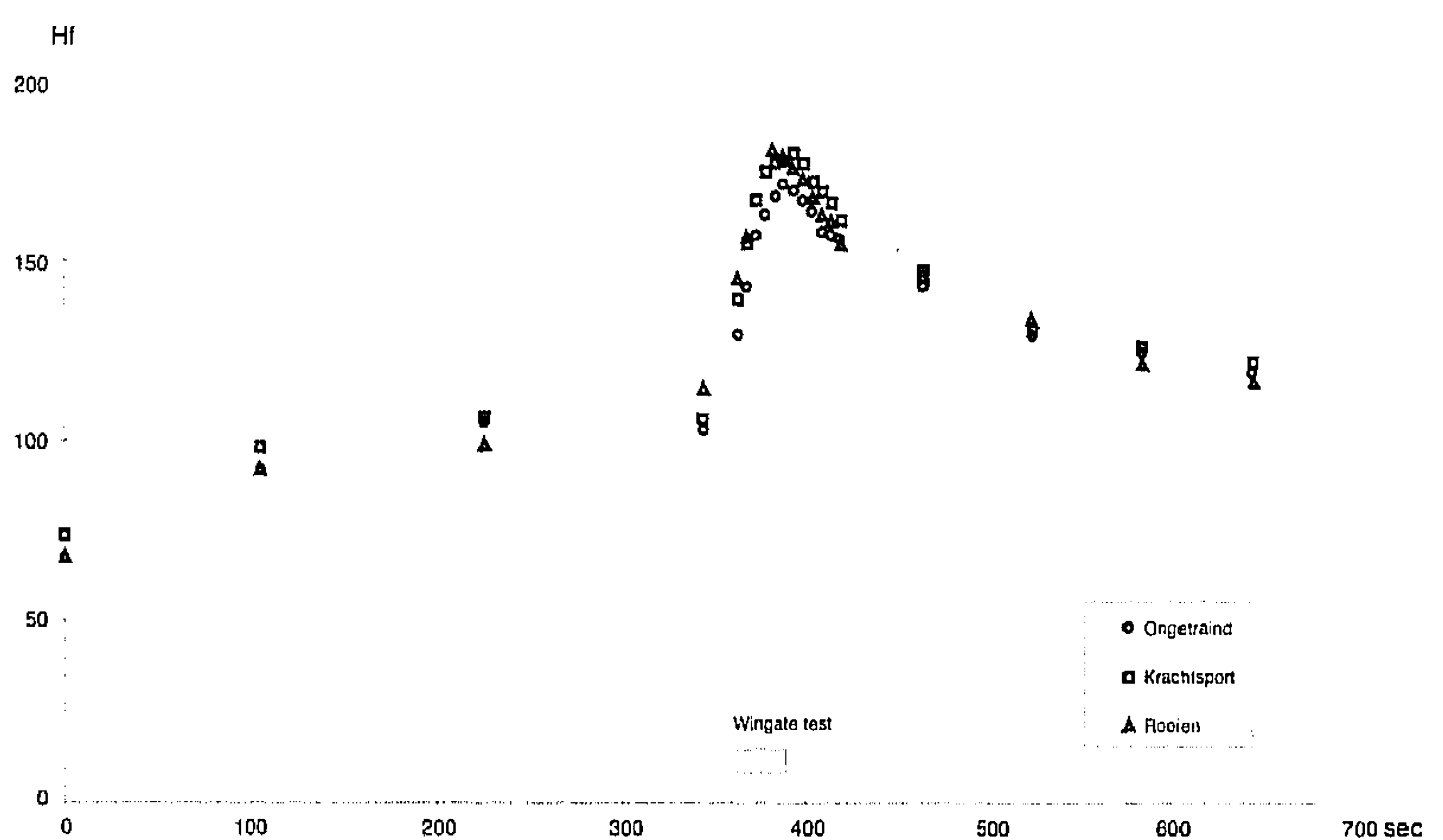
Tabel 2 Het piekvermogen (W), het gemiddelde vermogen (W) en de vermogensdaling (%) per onderzoeksgroep. Absolute gemiddelde waarden, gemiddelde waarden per kilogram lichaamsgewicht en per cm^2 spieroppervlak bovenarm. Tussen haakjes wordt de range aangegeven.

	Roeiers n=7	Krachtssport n=7	Ongetrainden n=8	P-waarde
Piekvermogen (W)	596 (459-706)	584 (449-693)	515 (371-769)	0,2796
Gemiddeld vermogen (W)	440 (331-537)	436 (346-521)	358 (310-456)	0,0445
Vermogensdaling (%)	46 (39-53)	48 (38-59)	51 (29-66)	0,3760
Piekvermogen (W/kg)	7,7 (6,7-9,2)	7,0 (6,3-8,5)	6,7 (4,2-9,9)	0,1971
Gemiddeld vermogen (W/kg)	5,8 (4,7-6,8)	5,2 (4,9-5,5)	4,6 (3,4-5,8)	0,0210
Piekvermogen (W/cm^2)	9,7 (8,6-11)	6,7 (5,5-8,1)	9,0 (5,3-11,4)	0,0109
Gemiddeld vermogen (W/cm^2)	6,9 (5,8-8,1)	4,9 (4,2-5,3)	6,3 (4,4-7,8)	0,0047

Het verloop van het base excess en de hartfrequentie worden geïllustreerd in respectievelijk de grafieken 2 en 3. Bij grafiek 2 (base excess) moet worden opgemerkt dat het aantal metingen per tijdstip en per onderzoeksgroep verschilde doordat bij enkele proefpersonen een te klein monster werd verkregen of doordat een te vroege stolling in het capillair verdere analyse onmogelijk maakte. Deze grafieken laten zien dat er, bij de 30 seconden durende Wingate test op een armergometer, gemiddelde waarden van het base excess tot 15 mmol/l en gemiddelde maximale hartfrequenties tot 190 slagen per minuut werden waargenomen. Het 15 mmol/l base excess komt overeen met circa 15 mmol/l lactaat. De gemiddelde maximale hartfrequenties tussen de drie groepen waren niet significant verschillend.



Grafiek 2 Het verloop van het gemiddelde base excess in de tijd. Bij elk punt wordt het aantal gemeten monsters vermeld.



Grafiek 3 Het verloop van de gemiddelde hartfrequentie in de tijd

Discussie

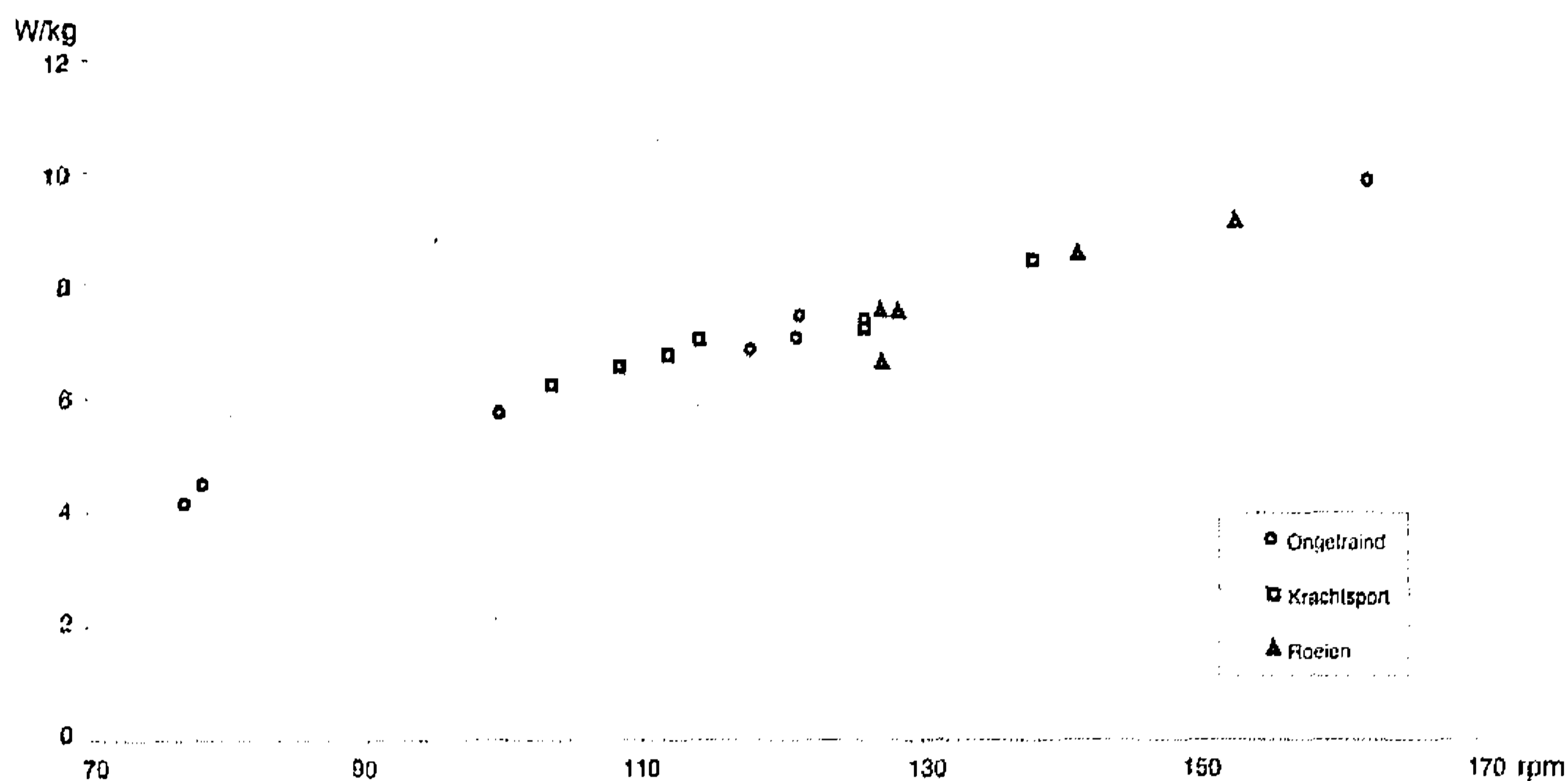
Het doel van deze studie was een nadere oriëntatie naar de fysiologische effecten van de Wingate test (anaeroob vermogen) uitgevoerd op een armergometer bij drie groepen sporters.

Om de resultaten van de Wingate test te kunnen vergelijken, is het van belang om deze test volgens een gestandaardiseerde methode uit te voeren. De volgende punten komen hierbij naar voren:

1 **Omwentelingssnelheid.** Het belang van de omwentelingssnelheid voor het bereiken van een zo hoog mogelijk piekvermogen per kilogram lichaamsgewicht wordt geïllustreerd in grafiek 4. Er bestaat een lineaire relatie tussen de omwentelingssnelheid en het vermogen ($P/\text{kg} = F/\text{kg} \times \text{rpm} \times m$) doordat in de formule F/kg en m constante factoren zijn. Het geleverde vermogen per kilogram lichaamsgewicht wordt dan alleen bepaald door de omwentelingssnelheid. Het is dus van het grootste belang de proefpersoon zo ver te krijgen dat deze de test aanvangt met een zo hoog mogelijke snelheid. Dit kan worden geïllustreerd door het hoogste punt in grafiek 4. Het betreft hier een ongetrainde proefpersoon, die in staat was met een hoge snelheid te beginnen.

2 **Het moment van belasten.** Voor het zo nauwkeurig mogelijk bepalen van het piekvermogen is het essentieel dat het opleggen van de remkracht snel en direct plaatsvindt op het moment

van de hoogste omwentelingssnelheid. Het opleggen van de remkracht vond handmatig plaats en duurde ongeveer 2 seconden. Dit heeft invloed op de bepaling van het piekvermogen. Dit piekvermogen wordt uitgemiddeld doordat het vermogen per 5 seconden wordt bepaald. Deze wijze van bepaling is conform de beschreven uitvoering bij beenarbeid (Bar-Or, 1987).



Grafiek 4 De relatie tussen de omwentelingssnelheid (rpm) en het piekvermogen per kilogram lichaamsgewicht (W/kg) per proefpersoon

3 Uitgangshouding. Voor het maken van intra- en interindividuele vergelijkingen is het van belang de uitgangshouding te standaardiseren. Verder moet zoveel mogelijk worden voorkomen dat de ene keer meer spieren ter compensatie worden ingeschakeld dan de andere keer. Voor de base excess betekent een grotere bewegingsvrijheid het inschakelen van minder of meer spiermassa, waardoor de waarden zullen fluctueren bij herhaalde metingen.

In ons onderzoek vonden wij voor het piekvermogen per kilogram lichaamsgewicht (W/kg) bij de roeiers, de krachtsporters en de ongetrainden waarden van respectievelijk 7.7, 7.0 en 6.7 W/kg. Voor het gemiddelde vermogen was dit respectievelijk 5.8, 5.2 en 4.6 W/kg. Horswill (1992) vond bij worstelaars gemiddelde waarden van 7.8 W/kg voor het piekvermogen en 6.8 W/kg voor het gemiddelde vermogen. Vandewalle (1989) beschreef bij zwemmers waarden voor het piekvermogen tot 10.1 W/kg. De Wingate Test werd hierbij echter uitgevoerd vanuit een staande positie. Horswill gebruikte voor het berekenen van de remkracht de factor 0,5. Wij hebben de remkracht berekend volgens de formule $0,6 \times$ aantal kilogram lichaamsgewicht. In 1983 publiceerden Doran en Bar-Or deze formule voor het berekenen van de optimale remkracht bij het bepalen van het piekvermogen bij armergometrie. Deze formule geldt alleen voor mannen en bij het uitvoeren van de test op een Monark-ergometer.

Bij het berekenen van het vermogen per cm^2 spieroppervlak vonden wij bij de krachtsporters significant lagere waarden dan bij de roeiers en ongetrainden. Hierbij moet worden opgemerkt dat er sterke fysiognomische verschillen bestaan tussen de 3 groepen (zie tabel 1). De uiteindelijke betekenis van dit verschil op het vermogen per cm^2 spieroppervlak, zoals dat door ons wordt berekend, is niet na te gaan zonder vergelijkend onderzoek waarin het spieroppervlak bijvoorbeeld met een CT-scan of een MRI is bepaald.

De gemiddelde maximale omwentelingssnelheid bedroeg voor de roeiers, de krachtsporters en de ongetrainden respectievelijk 131, 116 en 113 rpm. De omwentelingssnelheid (rpm) is onder meer afhankelijk van de verhouding van fast twitch en slow

twitch spiervezels, de opgelegde remkracht (F) en de coördinatie. In 1980 beschreef Bar-Or een hoger piekvermogen bij een hoger percentage fast twitch vezels (fietsergometrie). McCartney kwam in 1983 tot dezelfde conclusie. Men zou kunnen concluderen dat de roeiers een hoger percentage fast twitch spiervezels hebben dan de overige twee groepen. Niet uit te sluiten valt echter dat de groepen mogelijk verschillend gemotiveerd waren voor de armergometrie.

Uit de gegevens over het base excess kan worden afgeleid dat voor lactaat piekwaarden tot 17 mmol/l werden bereikt. De piekwaarden werden waargenomen na 3,5 tot 7 minuten na het beëindigen van de test. Deze hoge lactaatwaarden suggereren een maximaal geleverde inspanning door de proefpersonen. De geleverde bijdrage door de armspieren is hierbij niet te onderscheiden van de bijdrage door de romp- en beenspieren, die ook zeer actief betrokken zijn bij deze inspanningstest. Wij hebben in de literatuur geen lactaatwaarden ter vergelijking gevonden. Bij nadere analyse van spierbiopten vond Jacobs (1983) geen significante correlatie tussen de lactaatconcentraties en het bereikte vermogen.

Er is geen ergometrietest bekend om het anaerobe vermogen exact te bepalen. De Wingate test is een anaerobe test waarbij de volledige anaerobe capaciteit niet wordt benut en die bovendien deels aerobisch wordt verricht. Stevens en Wilson (1986) vonden een aerobe bijdrage van 27%.

De hoogste waarden van de hartfrequenties (tot 190 slagen per minuut) werden bereikt in de laatste fase van de Wingate test. Hieruit blijkt dat er in een zeer korte tijd een snelle aanpassing van het cardiovasculaire systeem aan de opgelegde belasting wordt gevraagd. In het algemeen is de maximale hartfrequentie bij maximale beenarbeid 70-90% van de maximale hartfrequentie die bij maximale beenarbeid wordt bereikt. De hier gevonden hoge hartfrequentie waarden wijken daar zeker niet ver vanaf, hetgeen erop duidt dat deze kortdurende belasting ook een zware belasting voor het hart betekent.

Onze studie naar de fysiologische effecten van de Wingate test betrof een te gering aantal proefpersonen om vergaande conclusies te trekken. Wij verwachten dat er een relatie zal bestaan tussen de uitkomsten van de Wingate test en de tak van sport en het niveau van de sportbeoefening. In de toekomst zullen er verdere onderzoeken nodig zijn om hier uitspraken over te kunnen doen en om referentiewaarden van de verschillende takken van sport te verkrijgen.

Conclusies

Uit ons oriënterende onderzoek en de bijbehorende literatuurstudie trekken wij de volgende conclusies:

- 1 De Wingate test is met weinig middelen gemakkelijk uitvoerbaar voor armergometrie.
- 2 Bij het uitvoeren van de test is standaardisatie van belang. De sporter moet met de grootst mogelijke snelheid aan de Wingate test beginnen.
- 3 De resultaten van de Wingate test moeten vooralsnog met sporters uit dezelfde tak van sport worden vergeleken.
- 4 Bij de 30 seconden durende Wingate test worden zeer hoge lactaatwaarden en hoge hartfrequenties bereikt. ■

De auteurs danken mevrouw B. Ringnalda en de heer A.C.A. Vissers van de vakgroep Fysiologie voor hun waardevolle adviezen en technische ondersteuning bij het onderzoek.